

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 3 年   2 月 2 8 日  
Date of Application:

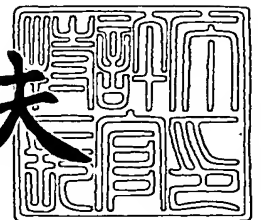
出 願 番 号            特 願 2 0 0 3 - 0 5 4 0 5 8  
Application Number:  
[ST. 10/C] :            [ J P 2 0 0 3 - 0 5 4 0 5 8 ]

出      願      人            株 式 会 社 ニ コ ン  
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 2 月 2 5 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 03NKP003

【提出日】 平成15年 2月28日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01B 11/00

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン  
    内

    【氏名】 福井 達雄

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン  
    内

    【氏名】 遠藤 剛

【特許出願人】

    【識別番号】 000004112

    【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【代理人】

    【識別番号】 100077919

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 井上 義雄

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 047050

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

    【包括委任状番号】 9702956

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 マーク位置検出装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

測定マークに照明光を照射する照明光学系と、前記測定マークからの反射光を集光して前記測定マークの像を撮像装置に結像させる結像光学系とを有し、前記撮像装置により得られた画像信号を処理して前記測定マークの位置ずれを測定するマーク位置検出装置において、

前記照明光の波長による前記画像信号の非対称性の違いを補正する光学素子を前記照明光学系に設けたことを特徴とするマーク位置検出装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のマーク位置検出装置において、

前記光学素子は、前記照明光学系の平行光束部分に設けられていることを特徴とするマーク位置検出装置。

【請求項 3】

測定マークに照明光を照射する照明光学系と、前記測定マークからの反射光を集光して前記測定マークの像を撮像装置に結像させる結像光学系とを有し、前記撮像装置により得られた画像信号を処理して前記測定マークの位置ずれを測定するマーク位置検出装置において、

前記照明光の波長による前記画像信号の非対称性の違いを補正する光学素子を前記結像光学系の平行光束部分に設けたことを特徴とするマーク位置検出装置。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載のマーク検出装置において、

前記光学素子は、平行平板からなることを特徴とするマーク位置検出装置。

【請求項 5】

請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載のマーク位置検出装置において、

前記光学素子は、チルト機構を有する平行平板からなることを特徴とするマーク位置検出装置。

【請求項 6】

測定マークに照明光を照射する照明光学系と、前記測定マークからの反射光を集光して前記測定マークの像を撮像装置に結像させる結像光学系とを有し、前記撮像装置により得られた画像信号を処理して前記測定マークの位置ずれを測定するマーク位置検出装置において、

前記照明光学系に第1光学素子および前記結像光学系の平行光束部分に第2光学素子を設けて、前記照明光あるいは前記反射光の波長による前記画像信号の非対称性の違いを補正することを特徴とするマーク位置検出装置。

#### 【請求項7】

請求項6に記載のマーク検出装置において、

前記第1光学素子および前記第2光学素子は、平行平板からなることを特徴とするマーク位置検出装置。

#### 【請求項8】

請求項6または7に記載のマーク位置検出装置において、

前記第1光学素子および前記第2光学素子は、チルト機構を有する前記平行平板からなることを特徴とするマーク位置検出装置。

#### 【請求項9】

請求項5または7に記載のマーク位置検出装置において、

前記第1光学素子または前記第2光学素子は、チルト機構を有する前記平行平板からなることを特徴とするマーク位置検出装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体ウエハ等の被検基板上に設けられた重ね合わせマークやアライメントマーク等のマーク位置検出装置に関する。

##### 【0002】

##### 【従来技術】

従来、半導体製造工程のフォトリソグラフィ工程において形成されたレジストパターンと下地パターンとの重ね合わせずれ量を測定する必要がある。このような重ね合わせずれ量を測定する、重ね合わせ測定装置が提案されている（例えば

、特許文献1参照。))。

#### 【0003】

特許文献1の開示例では、測定マークに対して照明光を照射し、測定マークからの反射光を結像光学系により結像して、CCDカメラ等の撮像装置で撮像して、画像処理を経て重ね合わせずれ量を測定している。この際、照明光の波長帯域は、多種多様な測定マークの構造に対して安定した反射強度を得るために、可視光領域から近赤外光領域までの広い領域が用いられている。

#### 【0004】

ところで、このように光学的に重ね合わせずれ測定を行う場合、測定光学系（すなわち、測定マークに照明光を照射する照明光学系および測定マークからの反射光を集光結像させる結像光学系）に光学的な収差が発生することが避けられず、このような収差、特に光軸に対して非回転対称な収差が測定視野領域内に存在すると、測定マークの位置の検出に誤差が生じ、その結果、重ね合わせずれ測定値に測定誤差TIS (Tool Induced Shift)が生ずる。

#### 【0005】

このため、重ね合わせずれ測定装置を用いて重ね合わせずれ測定を行う前に、この装置の測定光学系に用いられている照明開口絞り、結像開口絞り、対物レンズなどの位置調整を行って、測定誤差TISを小さくすることが提案されている（例えば、特許文献1参照。))。

#### 【0006】

##### 【特許文献1】

特開2000-77295号公報

#### 【0007】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記のような従来の技術においては、測定装置の光学部品を配置する際の製造誤差の影響により、照明光学系における対物レンズ仮想瞳位置での照明開口絞りの結像位置が照明光の波長により異なってしまう。これは照明光束の主光線の傾斜（以後、照明テレセントリシティーと記す）が色（波長）によって異なり、測定マークの反射分光特性によっては測定誤差TIS発生の原因と

なる。また、結像光学系においても光学部品を配置する際の製造誤差等の影響により、結像光学系における結像開口絞り位置での仮想瞳の結像位置が照明光の波長により異なってしまう。これは反射光の波長領域によっては測定マークからの回折光が非対称にケラレることを意味しており、測定マークの反射分光特性によっては測定誤差 T I S 発生の原因となるといった問題がある。

#### 【 0 0 0 8 】

本発明は、上記問題に鑑みて行われたものであり、照明光の色（波長）によらず測定誤差 T I S を小さくでき、高い精度でマーク位置検出が可能なマーク位置検出装置を提供することを目的としている。

#### 【 0 0 0 9 】

##### 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明は、測定マークに照明光を照射する照明光学系と、前記測定マークからの反射光を集光して前記測定マークの像を撮像装置に結像させる結像光学系とを有し、前記撮像装置により得られた画像信号を処理して前記測定マークの位置ずれを測定するマーク位置検出装置において、

前記照明光の波長による前記画像信号の非対称性の違いを補正する光学素子を前記照明光学系に設けたことを特徴とするマーク位置検出装置を提供する。

#### 【 0 0 1 0 】

また、本発明のマーク位置検出装置では、前記光学素子は、前記照明光学系の平行光束部分に設けられていることが好ましい。

#### 【 0 0 1 1 】

また、本発明は、測定マークに照明光を照射する照明光学系と、前記測定マークからの反射光を集光して前記測定マークの像を撮像装置に結像させる結像光学系とを有し、前記撮像装置により得られた画像信号を処理して前記測定マークの位置ずれを測定するマーク位置検出装置において、

前記照明光の波長による前記画像信号の非対称性の違いを補正する光学素子を前記結像光学系の平行光束部分に設けたことを特徴とするマーク位置検出装置を提供する。

#### 【 0 0 1 2 】

また、本発明のマーク位置検出装置では、前記光学素子は、平行平板からなることが好ましい。

【0013】

また、本発明のマーク位置検出装置では、前記光学素子は、チルト機構を有する平行平板からなることが好ましい。

【0014】

また、本発明は、測定マークに照明光を照射する照明光学系と、前記測定マークからの反射光を集光して前記測定マークの像を撮像装置に結像させる結像光学系とを有し、前記撮像装置により得られた画像信号を処理して前記測定マークの位置ずれを測定するマーク位置検出装置において、

前記照明光学系に第1光学素子および前記結像光学系の平行光束部分に第2光学素子を設けて、前記照明光あるいは前記反射光の波長による前記画像信号の非対称性の違いを補正することを特徴とするマーク位置検出装置を提供する。

【0015】

また、本発明のマーク位置検出装置では、前記第1光学素子および前記第2光学素子は、平行平板からなることが好ましい。

【0016】

また、本発明のマーク位置検出装置では、前記第1光学素子および前記第2光学素子は、チルト機構を有する前記平行平板からなることが好ましい。

【0017】

また、本発明のマーク位置検出装置では、前記第1光学素子または前記第2光学素子は、チルト機構を有する前記平行平板からなることが好ましい。

【0018】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の一実施の形態に付いて図面を参照しつつ説明する。図1は、本発明の実施の形態にかかるマーク位置検出装置の概略構成図である。図2は、本実施の形態にかかるマーク位置検出装置における、照明光学系の光学部材のチルト誤差による、照明テレセントリシティーのずれの一例を示す図である。図3は、照明光束が傾斜した際の、測定マークプロファイルを示す図であり、(a)は

、測定マークの断面を示し、入射光の色（波長）の違いによる入射方向の違いを模式的に示した図であり、（b）は測定マークから得られる波形の非対称をそれぞれ示す図である。図4は、平行平板の作用を模式的に示す図であり、（a）は、平行平板が傾斜していないときの青色光束、赤色光束それぞれの光路を示し、（b）は平行平板が傾斜しているときの青色光束、赤色光束それぞれの光路をそれぞれ示す図である。図5は、本実施の形態にかかるマーク位置検出装置における、結像光学系の光学部材のチルト誤差による結像の、色（波長）による非対称の一例を示す図である。図6は、測定マークからの反射光の色（波長）の違いによる測定マークプロファイルの非対称を示す図であり、（a）は、測定マークの断面を示し、反射光の色（波長）の違いを模式的に示した図、（b）は測定マークから得られる波形の非対称をそれぞれ示す図である。図7は、Q値特性曲線を測定する際に用いられるマークの一例であり、（a）はL／Sマークを示す平面図、（b）はL／Sマークの断面図、（c）はL／Sマークの画像信号強度プロファイルを示す図である。図8は、Q値特性曲線の一例を示し、（a）は結像開口絞り、図8（b）は第2対物レンズ、図8（c）は結像開口絞りと第2対物レンズの合成Q値特性曲線をそれぞれ示す図である。

#### 【0019】

図1において、図示するように、紙面に垂直な方向をX軸方向、紙面上で左右方向をY軸方向、上下方向をZ軸方向と定義する。

#### 【0020】

本実施の形態にかかるマーク位置検出装置は、ステージ61と、ステージ61に載置した測定マークを照明する照明光学系10と、測定マークからの反射光を集光して結像する結像光学系20と、結像光学系20により結像された像を撮影する撮影装置30と、撮影装置30により得られた撮影画像の画像信号を処理する画像処理装置40と、撮像装置30上に測定マークの像を焦点合わせするオートフォーカス（AF）装置50とを備えている。

#### 【0021】

図1に示すマーク位置測定装置は、ウェハ62の上に形成された測定マーク63におけるレジストマークの重ね合わせずれを測定するものであり、測定に際し



てウエハ 6 2 は、回転および水平移動（X-Y 方向移動）可能で、且つ上下移動（Z 方向移動）可能に構成されたステージ 6 1 の上に載置される。このようなステージの移動制御のためステージ制御部 6 4 が設けられている。測定マーク 6 3 は、ウエハ 6 2 の下地パターンの上に所定のレジストパターンをフォトリソグラフィ工程により形成させるときに、例えば図 3（a）に示すように、ウエハ 6 2 の各ショット領域の端部に形成された矩形状の下地マーク 6 3 b の上に矩形状のレジストマーク 6 3 a を形成して作られており、本実施の形態に係るマーク位置検出装置により、下地マーク 6 3 b に対するレジストマーク 6 3 a の重ね合わせずれを測定する。

#### 【0022】

照明光源 1 1 から射出した白色光からなる照明光束は、照明開口絞り 1 2 によって照明光束径が制限され、照明光学系平行平板（以後、第 1 平行平板と記す）1 3 を透過し、コンデンサーレンズ 1 4 によって集光され視野絞り 1 5 を均一に照明する。

#### 【0023】

視野絞り 1 5 は図 1 中に斜線を施して示すように、略長方形の開口部 S 1 を有している。なお、開口部 S 1 を図 1 中に拡大して示しているが、図示のように X 軸および Z 軸に対して略 4 5 度傾けて配置され、XZ 平面内で図中 A および B で示す方向に移動可能に構成されている。なお、この照明光学系 1 0 において、照明開口絞り 1 2 の位置調整（X-Z 方向の位置）を行う機構（図示せず）が設けられている。

#### 【0024】

視野絞り 1 5 を射出した照明光束は照明リレーレンズ 1 6 によってコリメートされ、平行光束となり、第 1 ビームスプリッター 1 7 に入射する。第 1 ビームスプリッター 1 7 において反射された照明光束は-Z 方向（図中、下方）に反射され、第 1 対物レンズ 1 8 によって集光されてステージ 6 1 に載置されたウエハ 6 2 の測定マーク 6 3 を垂直に照射する。このように、照明光学系 1 0 は、照明光の主光線の傾き（照明テレセントリシティー）がウエハ 6 2 に対して垂直となるように構成されている。ここで視野絞り 1 5 と測定マーク 6 3 とは、照明光学系 1

0において共役な位置に配設されており、ウエハ62の測定マーク63に対して、開口絞り15の開口部S1の形状に対応する略長方形の領域が照明光により照射される。また、第1対物レンズ18の仮想瞳面19は照明開口絞り12と共役な位置関係にある。

#### 【0025】

結像光学系20において、測定マーク63により反射された反射光L1は第1対物レンズ18によってコリメートされ、第1ビームスプリッター17を透過し、第1ビームスプリッター17の上方に配置された第2対物レンズ21によって1次像面27に集光される。この集光された光束は、第2ビームスプリッター22によって透過および反射分岐される。

#### 【0026】

透過光束は、第1リレーレンズ23を透過後、結像光学系平行平板（以後、第2平行平板と記す）24を透過し、結像開口絞り25により光束径を所定の径に制限され、第2リレーレンズ26によって2次結像面28に測定マーク63の像を結像する。この2次像面と等価な位置に撮像装置30の撮像素子（例えば、CCD素子等）31が配設され、撮像素子31の表面に測定マーク63の像が結像される。撮像素子31からの出力信号は画像処理装置40により処理され、ウエハ62上の測定マーク63の位置検出や重ね合わせ量の計測及びテレビモニターによる観察を行う。また、仮想瞳面19と結像開口絞り25とは共役な位置関係にある。この結像光学系20において、第2対物レンズ21および結像開口絞り24の位置調整（X-Y方向の位置）を行う機構（図示せず）がそれぞれ設けられている。

#### 【0027】

第2ビームスプリッター22により反射分岐された光束はAF第1リレーレンズ51によってコリメートされた後、平行平板52を透過し、瞳分割ミラー53上に照明開口絞り12の像を結像する。

#### 【0028】

平行平板52は照明開口絞り12の像を瞳分割ミラー53の中心に位置調整するためのものであり、チルト調整が可能な機構になっている。平行平板52

を透過した光束は瞳分割ミラー 53 によって二つの光束に分離され、AF 第 2 リレーレンズ 54 によりそれぞれシリンダリカルレンズ 55 を介して AF センサー 56 上の 2 個所にそれぞれの光束を計測方向に関して結像する。また、非計測方向に関してはシリンダリカルレンズ 55 が屈折力を持ち、分離された二つの光束は AF センサー 56 上にそれぞれ光源像を結像する。オートフォーカスの動作原理は公知（例えば、特開 2002-164266）の原理を利用しているので、本明細書では説明を省略する。このようにして、本発明の実施形態にかかるマーク位置検出装置が構成されている。

#### 【0029】

本実施の形態にかかるマーク位置検出装置では、照明光学系 10 の光軸に略平行な光束中に第 1 平行平板 13 が、結像光学系 20 の光軸に略平行な光束中に第 2 平行平板 24 が設けられて、マーク検出装置の測定誤差 TIS の波長による差を最小にするような調整が可能に構成されている。

#### 【0030】

次に、本実施の形態にかかるマーク位置検出装置における照明光学系 10 に配置した第 1 平行平板 13 の機能と調整方法について説明する。

#### 【0031】

図 1 に示すような照明光学系 10 および結像光学系 20 を配置する場合、各々の光学部材を金物で固定し、そのブロックをコリメータ等の器具を用いて光軸に対して平行に配置する。しかしながら、金物ブロックの加工精度や配置する際の調整誤差等で各光学部材がチルト誤差を持つ。特に照明開口絞り 12 と共役な位置関係にある第 1 対物レンズ 18 の射出瞳近傍の仮想瞳面 19 と照明開口絞り 12 との間に配置された光学部材がチルト誤差を持つ場合に、照明開口絞り 12 の像の結像位置が照明光の色（波長）によって X 軸または Y 軸方向にずれることになる。これは、照明光学系 10 の照明テレセントリシティーが X 軸または Y 軸方向にずれることに対応している。

#### 【0032】

図 2 は、第 1 ビームスプリッタ 17 にチルト誤差が生じた場合の一例を示している。このような場合、仮に照明光の中心波長では照明テレセントリシティーが

ウエハ 62 面に対して垂直であっても、中心波長よりも短波長側（例えば、青色光 LB）もしくは長波長側（例えば、赤色光 LR）の光束は照明テレセントリシティーがウエハ 62 面に対して傾きを持つことになる。その結果、図 3（a）に示すように短波長側（LB）もしくは長波長側（LR）の光束は測定マーク 63 を斜め方向より照明することになり、図 3（b）に示すように、撮像素子 31 に結像される測定マーク 63 像の画像信号プロファイルは非対称となる。

#### 【0033】

一般的に内 Box 63a と外 Box 63b の構造および物性は異なるため、測定マーク 63 のエッジ部からの反射率の波長特性は異なると考えられる。そのため、各 Box 63a、63b の測定マーク 63 の反射率特性に適合した波長帯域の照明テレセントリシティーによって各 Box 63a、63b の測定マーク 63 像の特性が決まる。よって、照明テレセントリシティーの傾きによる影響度が内 Box 63a と外 Box 63b で異なる場合には測定誤差 TIS が発生する原因となる。

#### 【0034】

ここで言う測定誤差 TIS とは、測定マーク 63 の測定を 0 度と 180 度との 2 つの方向で行い、0 度方向における測定マーク 63 の重ね合わせ測定値  $L_0$  と 180 度方向における同じ測定マーク 63 の重ね合わせ測定値  $L_{180}$  の平均値として定義され、次式で測定誤差 TIS を計算する。

#### 【0035】

##### 【数 1】

$$TIS = (L_0 + L_{180}) / 2$$

この測定誤差 TIS は、マーク位置検出装置や重ね合わせ測定装置において、その性能を評価する指標の一つとして用いられている。

#### 【0036】

したがって、図 3（b）に示すように画像信号プロファイルが歪んで非対称の場合、測定誤差 TIS が発生しマーク位置検出の精度を悪化させる原因となるため、照明光の色（波長）に依存する非対称性の違いを除去する手段が必要となる。

## 【0037】

次に、照明光学系 10 に配設した第 1 平行平板 13 の色（波長）に対する作用に関して図 4 を用いて説明する。

## 【0038】

本実施の形態では、図 1 に示すように、第 1 平行平板 13 は照明光学系 10 の、照明開口絞り 12 とコンデンサーレンズ 14 との間に、光軸に対してチルト可能に設けられている。図 4（a）、（b）に示すように、像面 S に向かって同一光路を進行してきた照明光束のうち波長の異なる光束、例えば青色光 LB（実線）と赤色光 LR（破線）とを考える。2つの光束 LB, LR が第 1 平行平板 13 を透過する場合、図 4（b）に示すように第 1 平行平板 13 が光軸に対して角度  $\theta$  だけ傾斜しているとプリズム効果によって光束 LB と LR とは異なる光路を通り像面 S で異なる位置に結像する。このことは、光軸外の光束 LB' と LR' についても同様である。このように、照明光の波長によって像面 S での結像位置が異なる。光束 LB と LR との結像位置の差  $\Delta$  は第 1 平行平板 13 の傾斜角  $\theta$  を変化させることにより調整することができる。従って、第 1 平行平板 13 の傾きを調整することで色（波長）による結像位置のずれを補正できる。なお、第 1 平行平板 13 のチルト調整機構は、図 1 で示す X 軸及び Z 軸に平行な直線のまわりに回転可能な機構である。

## 【0039】

そこで図 2 で示すようなビームスプリッタ 17 のチルト誤差によって生じた分散量を相殺する方向と角度に第 1 平行平板 13 をチルトすることによってビームスプリッタ 17 で発生したチルト誤差をキャンセルできる。これにより照明光の色（波長）による照明開口絞り 12 の結像位置のずれをなくすことができ、測定マーク 63 に対する照明テレセントリシティーを照明光の有する波長領域に亘ってほぼ垂直とすることができる。なお、ここではビームスプリッタ 17 がチルトした例を示したがコンデンサーレンズ 14、照明リレーレンズ 16 にそれぞれチルト誤差がある場合も同様にして、照明光学系 10 の総合的なチルト誤差が第 1 平行平板 13 を傾斜させることでキャンセルできる。

## 【0040】

次に、第1平行平板13の調整方法の具体例について述べる。測定マークには照明テレセントリシティーの変動に対して測定誤差TISが感度よく変化する測定マークを用いる。

#### 【0041】

まず第1ステップとして、波長制限フィルター等を用いて照明光の波長帯域を短波長側(LB)に制限し、測定誤差TISを測定する。第2ステップとして、照明光の波長帯域を長波長側(LR)に制限し、測定誤差TISを測定する。第3ステップとして、上記第1、第2ステップで測定した測定誤差TISの差が小さくなる方向に第1平行平板13をチルトする。上記測定誤差TISの差が所定の規格値内となるまで前記第1～第3ステップを繰り返す。このようにして、第1平行平板13のチルト位置を決定する。なお、調整方法に関してはここで記載した内容に限定されず適宜変更可能である。

#### 【0042】

なお、上述の説明では、第1平行平板13を照明開口絞り12とコンデンサーレンズ14との間に設けた場合を説明したが、平行平板13をリレーレンズ16と第1ビームスプリッタ17との間に配置しても同様の効果が得られる。

#### 【0043】

次に、本実施の形態にかかるマーク位置検出装置における結像光学系20に配設した第2平行平板24の機能と調整方法について説明する。

#### 【0044】

図1に示すような照明光学系10および結像光学系20を配置する場合、各々の光学部材を金物で固定し、そのブロックをコリメータ等の器具を用いて光軸に対して平行に配置する。しかしながら、金物ブロックの加工精度や配置する際の調整誤差等で各光学部材がチルト誤差を持つ。特に結像開口絞り25と共役な位置関係にある第1対物レンズ18の射出瞳近傍の仮想瞳面19と結像開口絞り25との間に配置された光学部材がチルト誤差を持つ場合に、仮想瞳面19の像の結像位置が測定マーク62からの反射光の色(波長)によってX軸またはY軸方向にずれる。

#### 【0045】

図5は、照明光学系10と結像光学系20に共用されるビームスプリッタ17にチルト誤差が生じた例を示している。この場合、例えば、ウエハ62の測定マーク63からの反射光の中心波長では、図示では省略するが回折光が結像開口絞り25によって光軸中心に対して左右対称にケラレている。しかし、中心波長よりも短波長側(LB1、LB2)もしくは長波長側(LR1、LR2)の回折光は非対称にケラレるために、撮像素子31上に結像した測定マーク63の画像は左右回折光の情報が均一でなくなる。その結果、図6(a)、に示すように短波長側(LB)もしくは長波長側(LR)の反射光束は回折光が非対称になったことと同一となり、図6(b)に示すように、撮像素子31に結像される測定マーク63像の画像信号プロファイルは非対称になる。

#### 【0046】

一般的に内Box63aと外Box63bの構造および物性は異なるため、測定マーク63のエッジ部からの反射率波長特性は異なると考えられる。そのため、各Boxの測定マーク63の反射率特性に適合した波長帯域の回折光のケラレの対称性によって各Boxの測定マーク63像の特性が決まる。よって、回折光のケラレが内Box63aと外Box63bで異なる場合には測定誤差TISが発生する原因となる。

#### 【0047】

したがって、図6(b)に示すように画像信号プロファイルが歪んで非対称の場合、測定誤差TISが発生しマーク位置検出の精度を悪化させる原因となるため、反射光の色(波長)に依存する非対称性の違いを除去する手段が必要となる。

#### 【0048】

次に、結像光学系20に配設された第2平行平板24の色(波長)に対する機能に関して同じく図4を用いて説明する。

#### 【0049】

図4(a)、(b)に示すように、像面Sに向かって同一光路を進行してきたマークからの反射光のうち波長の異なる光束、例えば青色光LB(実線)と赤色光LR(破線)とを考える。2光束LB、LRが第2平行平板24を透過する

場合、図 4 (b) に示すように第 2 平行平板 24 が光軸に対して角度  $\theta$  だけ傾斜しているとプリズム効果によって光束 LB と LR とは異なる光路を通り像面 S に異なる位置で結像する。このことは、光軸外の光束 LB' と LR' についても同様である。このように、反射光の波長によって像面 S での測定マーク像の結像位置が異なる。LB と LR との結像位置の差  $\Delta$  は第 2 平行平板 24 の傾斜角  $\theta$  を変化させることにより調整することができる。従って、第 2 平行平板 24 の傾きを調整することで色（波長）による結像位置のずれを補正できる。なお、第 2 平行平板 24 のチルト調整機構は、図 1 で示す X 軸及び Z 軸に平行な直線のまわりに回転可能な機構である。

#### 【0050】

図 5 で示すようなビームスプリッタ 17 のチルト誤差によって生じた分散量を相殺する方向と角度に第 2 平行平板 24 を傾斜することによって、ビームスプリッタ 17 で発生したチルト誤差をキャンセルできる。よって反射光の色（波長）の違いによる仮想瞳面 19 の結像開口絞り 25 位置での結像位置ずれをなくすることができる。広い波長帯域においてほぼ同じ位置に仮想瞳面 19 の像を形成することができる。ここではビームスプリッタ 17 がチルト誤差を有する例を示したが第 2 対物レンズ 21、AF 分岐ビームスプリッタ 22、第 1 リレーレンズ 23 にそれぞれチルト誤差がある場合も同様にして、結像光学系 20 の総合的なチルト誤差をキャンセルすることができる。

#### 【0051】

次に、結像光学系 20 と第 2 平行平板 24 の調整方法について述べる。この調整は、結像開口絞り 25 および第 2 対物レンズ 23 の位置調整を応用した調整方法により行われる。この調整は、図 7 に示すような形状の L/S マーク 70 を有したウエハを、図 1 に示す装置におけるウエハ 62 に代えてステージ 61 の上に載置し、照明光学系 10 により L/S マーク 70 を照明して撮像素子 31 により撮像された L/S マーク像を画像処理することにより行われる。この L/S マーク 70 は、図 7 (a) および (b) に示すように、線幅  $3\ \mu\text{m}$ 、段差  $0.085\ \mu\text{m}$ （照射光  $\lambda$  の  $1/8$  相当）で、ピッチ  $6\ \mu\text{m}$  の平行に延びる複数の線状マーク 71～77 からなるマークである。



## 【0052】

撮像素子 31 により撮像された L/S マーク像を画像処理装置 40 により処理して画像信号強度を求めると、そのプロファイルは図 7 (c) に示すようになる。ここで、各線状マーク 71 ~ 77 の段差位置において信号強度が低下するが、各線状マーク毎における左右両側の段差位置での信号強度差  $\Delta I$  を求め、これを全線状マーク 71 ~ 77 について平均することにより、L/S マーク像の非対称性を示す Q 値 ( $Q = 1/7 \times \Sigma (\Delta I / I) \times 100 (\%)$ ) を求める。次に、ステージ 61 を上下方向 (Z 方向) に移動させて L/S マーク 70 を Z 方向に移動させ、各高さ位置 (Z 方向位置) 毎に Q 値を求めて Q 値のフォーカス特性を求めると、例えば図 8 に示すような Q 値特性曲線が得られる。

## 【0053】

図 8 (a) は結像開口絞り 25 の調整により変動する成分であり凹凸の成分である。図 8 (b) は第 2 対物レンズ 21 のシフト調整により変動する成分であり Q 値特性曲線の傾斜の成分である。各要素を機械的な設計値に配置した状態では各要素は大きくずれた位置に在り、全体として Q 値特性曲線は図 8 (c) に示すような状態である。そこで、まず調整感度が敏感な結像開口絞り 25 を調整する。次に第 2 対物レンズ 21 を調整する。Q 値特性曲線において、図 8 (a) に示すように、凹凸成分が大きいと第 2 対物レンズ 21 の調整量が的確に定められないため、上記の順序で調整することが望ましい。さらに一度の調整で Q 値のフォーカス特性曲線がある定量的な規格内に入らないときは規格内となるまで調整を繰り返し行う。

## 【0054】

図 8 に示す Q 値特性曲線を波長毎に測定し、図 8 (a) に示す Q 値特性曲線における凹凸成分の差を指標にして第 2 平行平板 24 のチルト調整を行う。第 1 ステップとして、波長制限フィルター等を用いて照明光の波長帯域を短波長側 (LB) に制限し、Q 値特性曲線を測定する。第 2 ステップとして、照明光の波長帯域を長波長側 (LR) に制限し、Q 値特性曲線を測定する。第 3 ステップとして、第 1、第 2 ステップで測定した Q 値特性曲線における凹凸成分の差が小さくなる方向に第 2 平行平板 24 をチルト調整する。Q 値特性曲線における凹凸成

分の差が規格内となるまで前記第1～第3ステップを繰り返す。なお、調整方法に関してはここで記載した内容でなくとも良い。

#### 【0055】

このように本実施の形態にかかるマーク位置検出装置では、照明光学系において波長帯域によらず照明テレセントリシティーがウエハに対して垂直であり、披検査マークの反射分光特性に依存した測定誤差T I Sの発生を防ぐことができる。また、結像光学系において、波長帯域全域において回折光のケラレが光軸に対して対称に調整され、披検査マークの反射分光特性に依存した測定誤差T I Sの発生を防ぐことができる。その結果、重ね合わせ測定装置及びマーク位置検出装置の測定精度を向上させることができる。

#### 【0056】

なお、上述の実施の形態は例に過ぎず、上述の構成や形状に限定されるものではなく、本発明の範囲内において適宜修正、変更が可能である。

#### 【0057】

##### 【発明の効果】

上述のように、本発明では、色（波長）によらず測定誤差T I Sを小さくでき、高い精度でマーク位置検出が可能なマーク位置検出装置を提供することができる。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

本発明にかかるマーク位置検出装置の概略構成図。

##### 【図2】

本発明にかかるマーク位置検出装置における、照明光学系の光学部材のチルト誤差による、照明テレセントリシティーのずれの一例を示す図。

##### 【図3】

照明光束が傾斜した際の、測定マークプロファイルを示す図であり、（a）は、入射光の色（波長）の違いによる入射方向の違いを模式的に示した図、（b）は測定マークから得られる波形の非対称をそれぞれ示す。

##### 【図4】

平行平板の作用を模式的に示す図であり、(a)は、平行平板が傾斜していないときの青色光束、赤色光束それぞれの光路を示し、(b)は平行平板が傾斜しているときの青色光束、赤色光束それぞれの光路をそれぞれ示している。

**【図 5】**

本発明にかかるマーク位置検出装置における、結像光学系の光学部材のチルト誤差による、結像の色（波長）による非対称の一例を示す図。

**【図 6】**

マークからの反射光の色（波長）の違いによる測定マークプロファイルの非対称を示す図であり、(a)は、反射光の色（波長）の違いを模式的に示した図、(b)は測定マークから得られる波形の非対称をそれぞれ示す。

**【図 7】**

Q値特性曲線を測定する際に用いられるマークの一例であり、(a)はL/Sマークを示す平面図、(b)はL/Sマークの断面図、および(c)はL/Sマークの画像信号強度プロファイルをそれぞれ示す。

**【図 8】**

Q値特性曲線の例であり、(a)結像開口絞り、(b)第2対物レンズ、(c)結像開口絞りと第2対物レンズの合成それぞれのQ値特性曲線をそれぞれ示す。

**【符号の説明】**

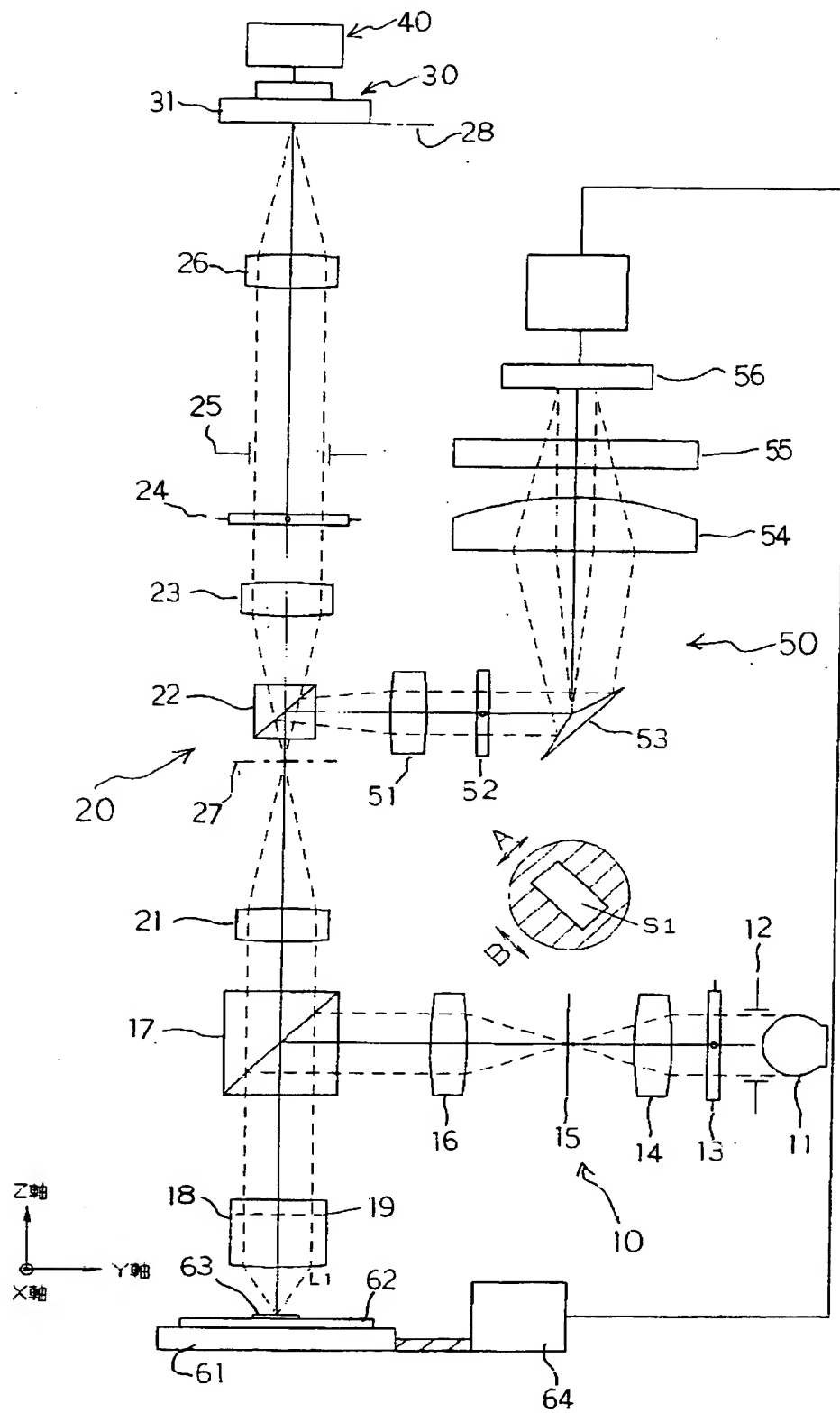
10	照明光学系
11	光源
12	照明開口絞り
13	照明光学系平行平板（第1平行平板）
14	コンデンサーレンズ
15	視野絞り
16	照明リレーレンズ
17	第1ビームスプリッタ
18	第1対物レンズ
19	仮想瞳面

2 0	結像光学系
2 1	第 2 対物レンズ
2 2	第 2 ビームスプリッタ
2 3	第 1 リレーレンズ
2 4	結像光学系平行平面板（第 2 平行平面板）
2 5	結像開口絞り
3 0	撮像装置
3 1	撮像素子（C C D）
4 0	画像処理装置
5 0	A F 光学系
5 1	A F 第 1 対物レンズ
5 2	A F 平行平面板
5 3	瞳分割ミラー
5 4	A F 第 2 リレーレンズ
5 5	シリンドリカルレンズ
5 6	A F センサー
6 1	ステージ
6 2	ウエハ
6 3	測定マーク
7 0	L / S マーク
7 1 ~ 7 7	L / S パターン
S	像面

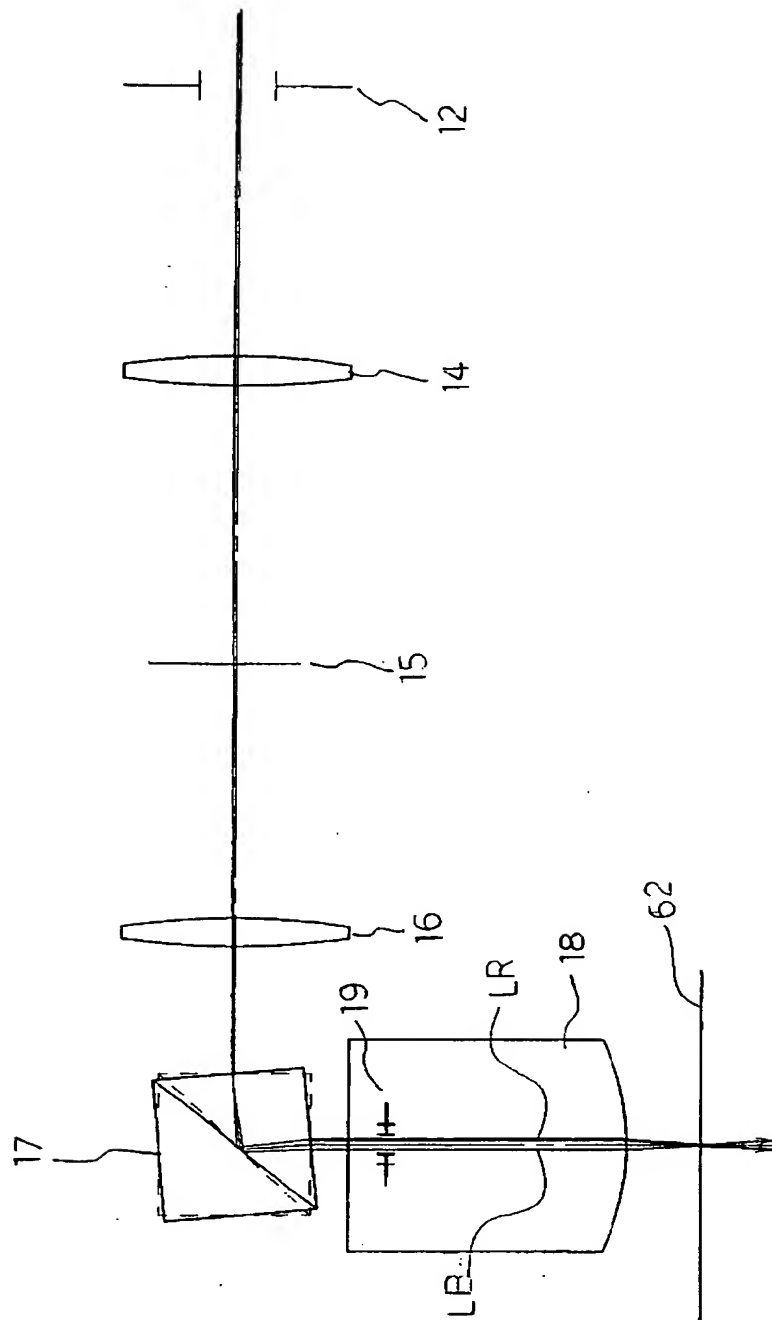
【書類名】

図面

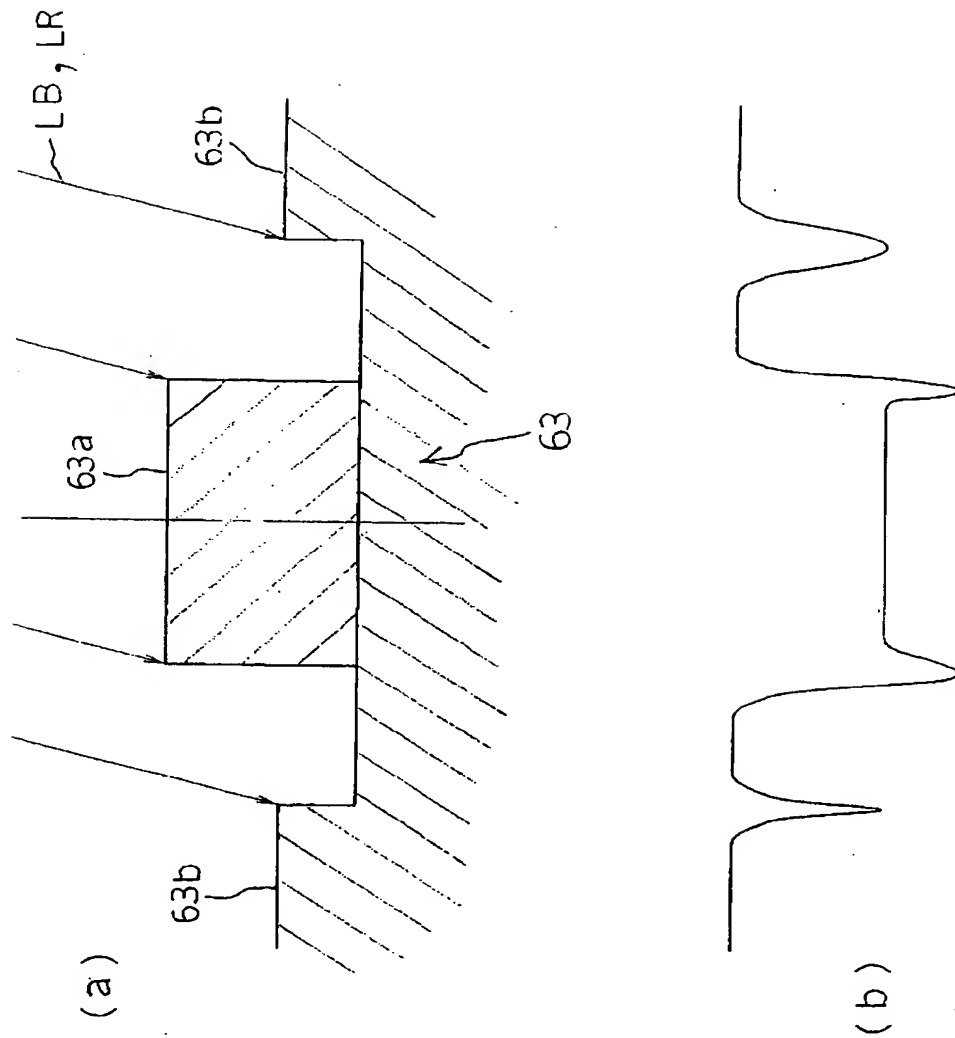
【図 1】



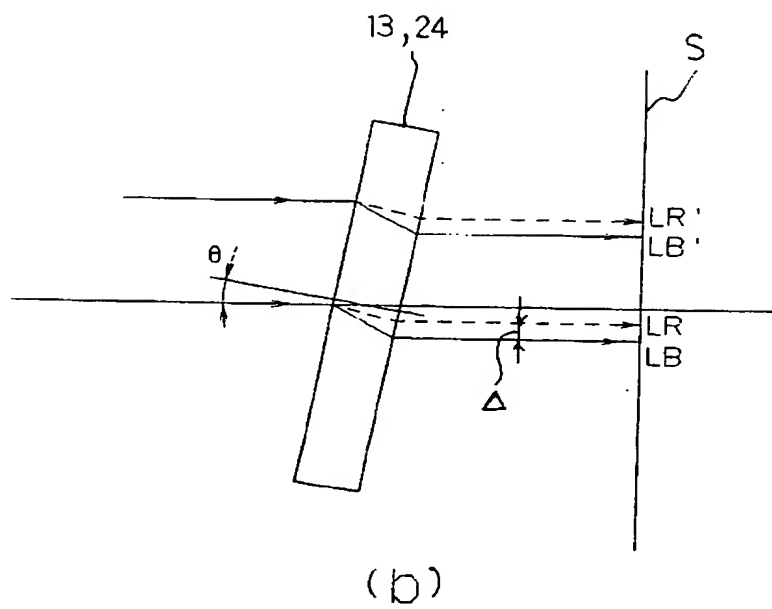
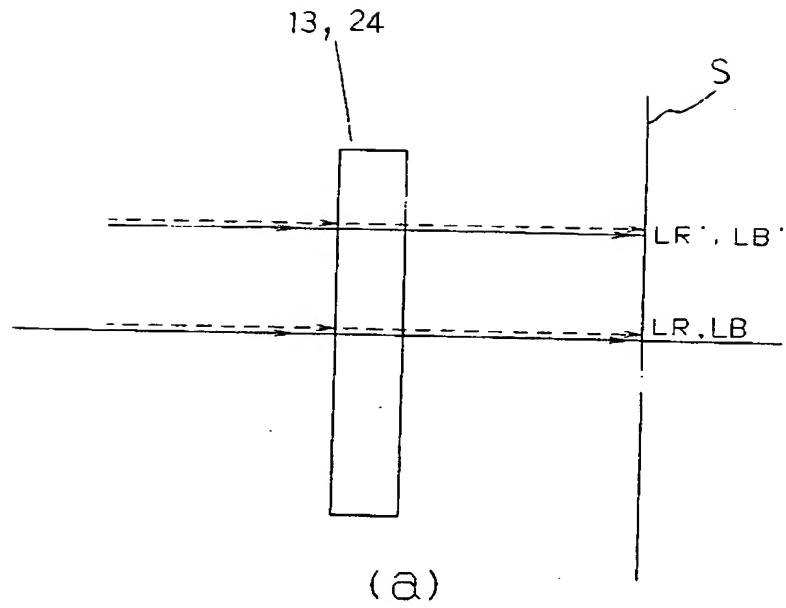
【図 2】



【図 3】

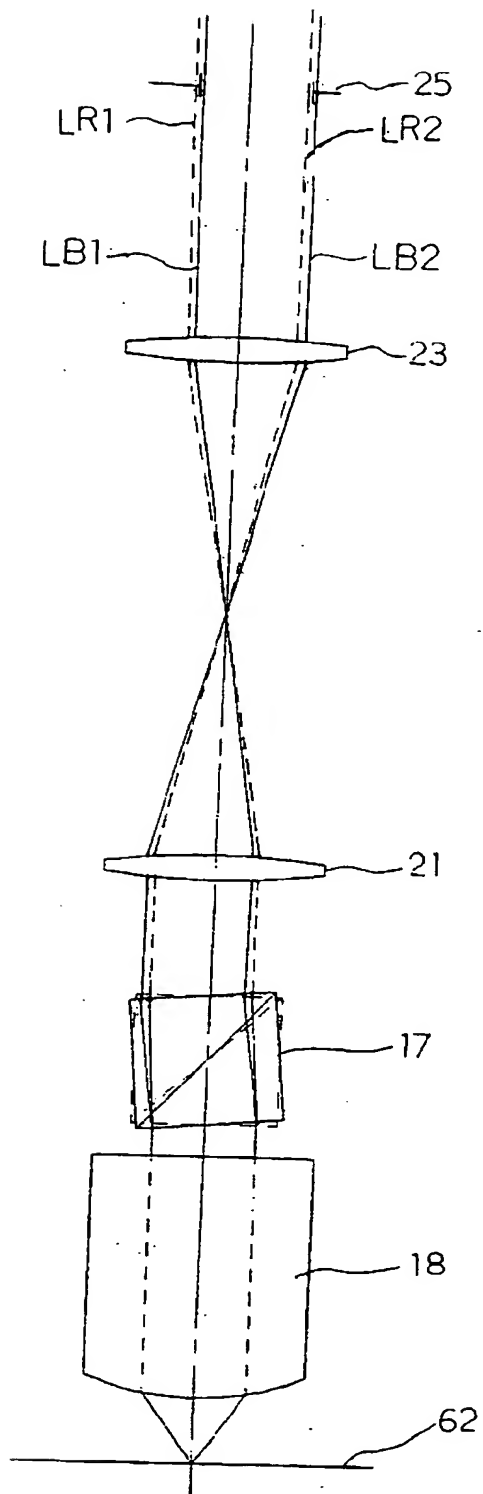


【図 4】

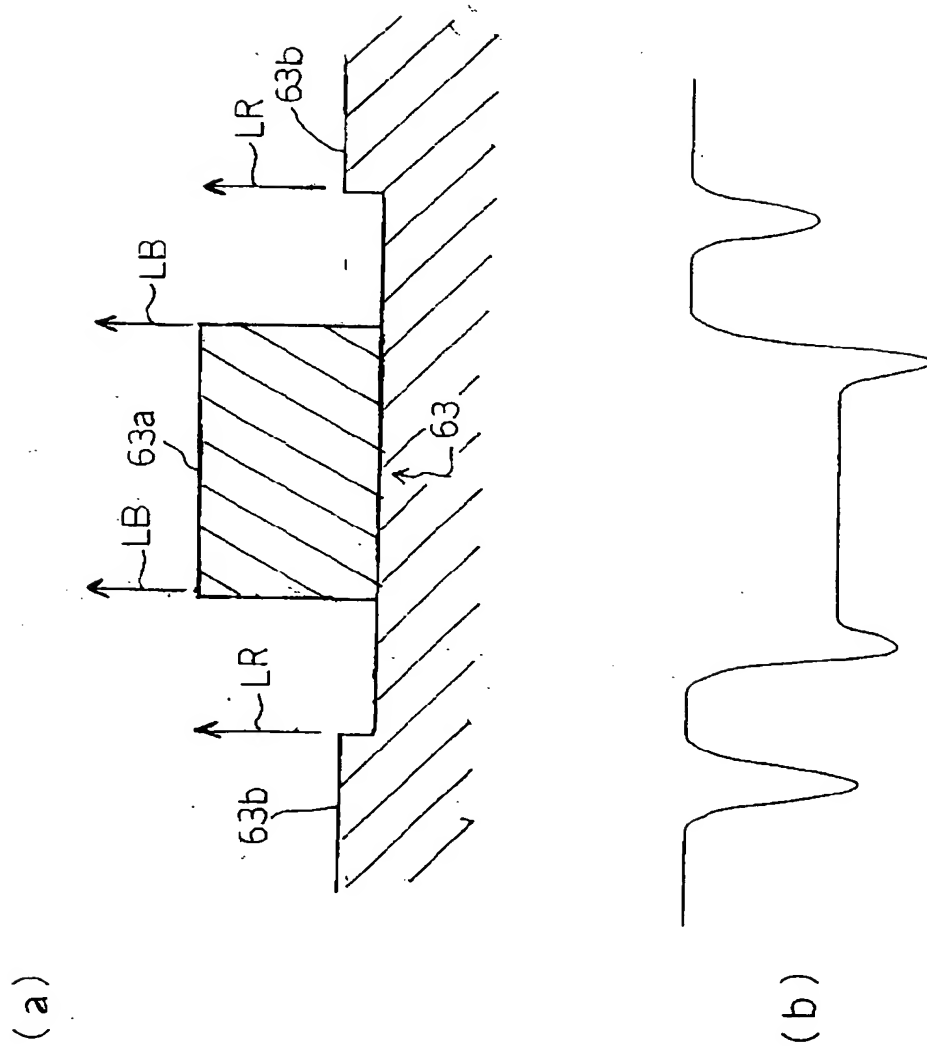




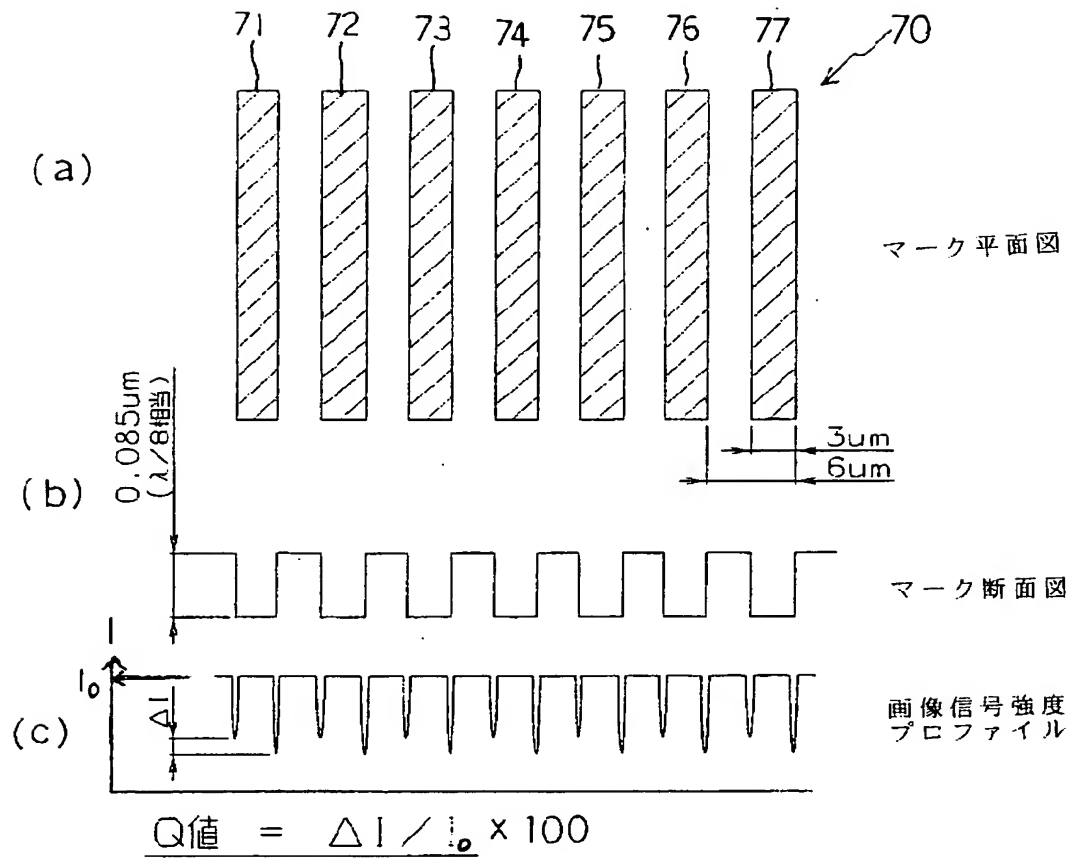
【図 5】



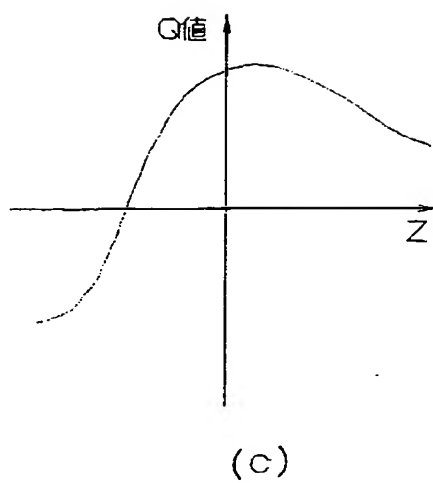
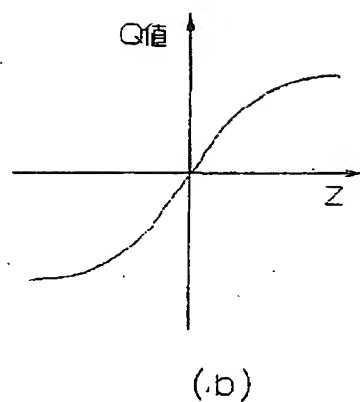
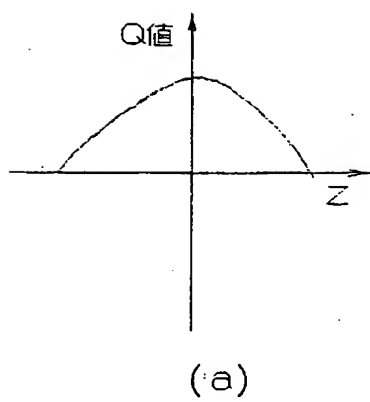
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 色（波長）によらず測定誤差 T I S を小さくでき、高い精度でマーク位置検出が可能なマーク位置検出装置を提供する。

【解決手段】 測定マーク 6 3 に照明光を照射する照明光学系 1 0 と、前記測定マーク 6 3 からの反射光を集光して前記測定マーク 6 3 の像を撮像装置 3 0 に結像させる結像光学系 2 0 とを有し、前記撮像装置 3 0 により得られた画像信号を処理して前記測定マークの位置ずれを測定するマーク位置検出装置において、前記照明光の波長による前記画像信号の非対称性の違いを補正する光学素子 1 3 を前記照明光学系 1 0 に設けたこと。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 0 5 4 0 5 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 4 1 1 2 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号

氏 名

株式会社ニコン